第35卷 第3期 昆 虫 学 报 Vol. 35, No. 3
1992年8月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Aug., 1992

寄主植物对棉蚜羧酸酯酶活性的影响

高 希 武
(北京农业大学植保系,北京 100094)

摘要 不同棉花品种对棉蚜 *Aphis gossypii* Glov. 羧酸酯酶活性具有明显的影响,在试验的7个棉花品种中,取食中棉12叶片的棉蚜 α-乙酸萘酯 (α-NA) 羧酸酯酶活性最高 (2.47微摩尔/毫克蛋白质分钟),是取食泾阳鸡脚棉种群的5.74倍。β-乙酸萘酯(β-NA)羧酸酯酶的活性以取食方泥双无的棉蚜最高(3.41微摩尔/毫克蛋白质分钟),是取食 BR-S-10 棉蚜的4.49倍。在取食方泥双无叶片的棉蚜中,羧酸酯酶活性大于2.5(微摩尔/毫克蛋白质分钟)的个体占28.3%(α-NA)和67.1%(β-NA),而在取食 BR-S-10 的种群中仅占2.6%(α-NA)和1.3% (β-NA)。取食中棉12的棉蚜对 β-NA 与 α-NA 活性的比值为0.79,而取食其它棉花品种的种群 β-NA 与 α-NA 活性比值均大于1。用中棉12饲养的棉蚜对 α-NA 和 β-NA 活性均低于种群平均值的个体 (CE1 型)占26%;均高于平均值的个体 (CE2 型)占19%;对 α-NA 活性高于平均值,对 β-NA 活性低于平均值的个体 (CE3 型)占31%;对 α-NA 活性低于平均值,对 β-NA 活性高于平均值的个体 (CE4 型) 占24%。取食其它6个棉花品种的棉蚜中,CE1 和 CE2 型的比例分别为49.4—64.0%和23.4—47.2%,明显高于取食中棉12的种群,而 CE3 和 CE4 型个体仅占0—7.6%和3.4—10.4%,明显低于取食中棉12的种群。说明寄主植物对棉蚜羧酸酯酶的量和质均有影响。

关键词 棉蚜 寄主植物品种 羧酸酯酶

在植物中存在各种有防卫作用的次生性代谢产物,它们影响昆虫的取食行为和对食物的利用,是昆虫与植物相互作用中的重要化学因素。昆虫对某些有毒害作用的成分发展了解毒、避毒、贮毒等的适应方式(钦俊德,1987)。许多植物次生性物质能够对昆虫的解毒酶系统产生诱导作用 (Abd-Elghafar 等,1989)。当昆虫取食不同寄主植物时,其解毒酶系统也会产生明显的改变(包括酶的诱导作用) (Riskallah 等, 1986a)。现在认为,解毒酶系的改变是昆虫取食适应性的最重要形式之一 (Lindroth, 1989a),而羧酸酯酶是昆虫体内重要的解毒酶系(张宗炳,1987),也是棉蚜 *Aphis gossypii* Glcv. 对拟除虫菊酯的抗性机制之一(郑炳宗等,1988)。寄主植物对棉蚜羧酸酯酶的影响目前还未见报道,为此作者研究了不同棉花品种对棉蚜羧酸酯酶活性的影响。

材 料 与 方 法

一、棉花品种及蚜虫饲养 将木槿上棉蚜分别接种在温室中栽培的以下棉花品种上,中棉12、BPA68、BR-S-10、PRA51、无毒151、方泥双无和泾阳鸡脚棉(棉花的生育期为苗期)。两天后去掉接种的蚜虫,待若虫变成无翅成蚜并且产生后代后,将这批成蚜取下放入-30℃ 冰箱中保存,用于测定。

二、单头蚜虫羧酸酯酶活性测定 参照郑炳宗等(1988)方法。取1头蚜虫加1ml 缓

本文于1990年11月收到。

冲液(pH7.0,0.04mol/L)匀浆。取 0.1ml 匀浆液加 0.9ml 缓冲液,3.6mlα-乙酸萘酯(α-NA)或 β-乙酸萘酯(β-NA)(3×10^{-4}mol/L, 含 10^{-4}mol/L 硫酸毒扁豆碱),在 30℃ 反应 15 分钟后,加入 1ml DBLS 试剂(1%固蓝 B 与 5%十二烷基硫酸钠以 2 比 5 混合), 经过 15 分钟后,在 600nm(α-NA) 或 555nm(β-NA)波长测定光吸收值, 每个处理测定 50—100 头。

结 果 与 分 析

一、不同棉花品种对棉蚜 α-NA 羧酸酯酶活性的影响

取食不同棉花品种叶片的棉蚜种群之间, α-NA 羧酸酯酶活性明显不同, 以取食中棉 12 的棉蚜羧酸酯酶活性最高 (2.47μmol/mg 蛋白质分钟),取食泾阳鸡脚棉的棉蚜活性最低(0.43),二者相差 5.74 倍。 在测定的 7 个棉花品种中, α-NA 羧酸酯酶活性除了泾阳鸡脚棉和 BR-S-10, BPA68 和 PRA51 以及无毒 151 和方渑双无之间没有显著差异($P < 0.05$)外,其它品种间均达到了显著或极显著($P < 0.01$)差异(表 1)。

表 1 棉花品种对棉蚜 α-NA 羧酸酯酶活性的影响

棉花品种	测定次数(n)	α-NA 羧酸酯酶活性(μmol/mg蛋白质·分钟)	Duncan 显著性测定		比值*
			0.05	0.01	
泾阳鸡脚棉	65	0.43±0.43	a	A	1
BR-S-10	76	0.46±0.54	a	A	1.07
BPA68	51	0.80±0.65	b	AB	1.86
PRA51	90	0.96±0.82	b	B	2.23
无毒 151	77	1.97±1.51	c	C	4.58
方渑双无	88	1.99±1.11	c	C	4.63
中棉 12	100	2.47±1.67	d	D	5.74

* 以泾阳鸡脚棉为 1 进行比较。

图 1 显示出棉花品种对 α-NA 羧酸酯酶活性分布的影响, 图中将羧酸酯酶活性分成 0—0.5、0.5—1.0、……、4.5—5和>5(μmol/mg 蛋白质分钟) 11 段,计算取食各棉花品种叶片的棉蚜中不同个体羧酸酯酶活性在各段的分布。用泾阳鸡脚棉、BR-S-10、BPA68 和 PRA51 棉花叶片饲养的棉蚜种群,大部分个体分布在 α-NA 羧酸酯酶活性2.5以下,大于 2.5 的个体所占的比例仅为 1.5、2.6、2.0 和 4.4%, 而在取食方渑双无、无毒 151 和中棉 12 的棉蚜中, 这类个体的比例分别为 28.3、28.6 和 45%, 分别是取食泾阳鸡脚棉的 18.9、19.1 和 30.0 倍(表 3)。

二、棉花品种对棉蚜 β-NA 羧酸酯酶活性的影响

取食不同棉花品种的棉蚜 β-NA 羧酸酯酶活性和 α-NA 羧酸酯酶活性一样, 也具有显著的差异。但是,有两点与 α-NA 羧酸酯酶不同,第一是用中棉 12 叶片饲喂的棉蚜 β-NA 羧酸酯酶活性与 PRA51 上的棉蚜无显著差异, 明显低于取食无毒 151 和方渑双无的棉蚜(表 2),而 α-NA 羧酸酯酶活性恰好相反。第二是取食 BPA68 和 PRA51 以及无毒 151 和方渑双无棉花的棉蚜之间,β-NA羧酸酯酶活性具有显著不同(表 2),而 α-NA 羧酸酯酶活性则没有显著差异。 说明棉花品种也影响到了棉蚜羧酸酯酶对底物的专一

性。

棉花品种对 β-NA 羧酸酯酶活性在棉蚜种群中分布的影响(图 2)与上述结果是一致的。用 BR-S-10 和泾阳鸡脚棉饲喂的棉蚜中，大部分个体在 β-NA 羧酸酯酶活性 2.5 以下，取食方滗双无的棉蚜大部分个体在 2.5 以上，其它棉花品种的影响介于它们之间(图 2)。

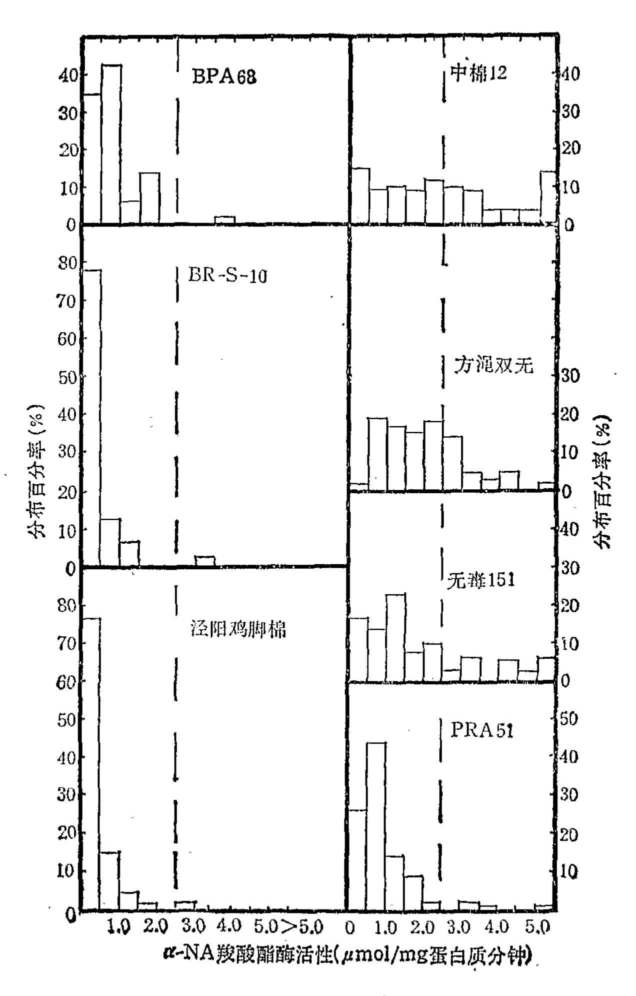


图 1　α-NA 羧酸酯酶分布

在取食 BR-S-10 和泾阳鸡脚棉的棉蚜中，仅有 1.3 和 3.0% 的个体 β-NA 羧酸酯酶活性大于 2.5，而取食方滗双无叶片的棉蚜中有 67.1% 的个体 β-NA 羧酸酯酶大于 2.5，是取食 BR-S-10 种群的 51.6 倍。在取食 BPA68、PRA51、中棉 12 和无毒 151 的棉蚜中，大于 2.5 的个体比例分别是取食 BR-S-10 的 12.1、14.5、18.5 和 28.0 倍(表 3)。

三、棉花品种对棉蚜羧酸酯酶底物(α-NA 和 β-NA)专一性的影响

棉蚜羧酸酯酶对 β-NA 和 α-NA 活性的比值表明了其对底物的水解性质，在取食中棉 12 叶片的棉蚜中，比值为 0.79，说明该棉蚜种群水解 α-NA 的能力大于 β-NA，而在取食泾阳鸡脚棉的棉蚜中，比值为 1.93，说明对 α-NA 的水解能力小于 β-NA。取食其

表 2　棉花品种对棉蚜 β-NA 羧酸酯酶活性影响

棉花品种	测定次数(n)	β-NA 羧酸酯酶活性(μmol/mg 蛋白质·分)	Duncan 显著性测定		比值*
			0.05	0.01	
BR-S-10	76	0.76±0.63	a	A	1
泾阳鸡脚棉	65	0.83±0.76	a	A	1.09
BPA68	51	1.34±0.98	b	B	1.76
PRA51	90	1.73±1.11	c	BC	2.28
中棉 12	100	1.95±1.13	c	CD	2.57
无毒 151	77	2.32±1.67	d	D	3.05
方滗双无	88	3.41±1.40	c	E	4.49

* 以 BR-S-10 为 1 进行比较。

表 3 在棉蚜种群中羧酸酯酶活性大于 2.5 的个体比例

棉花品种	试验虫数 (n)	棉蚜种群中羧酸酯酶活性大于 2.5 的个体比例*			
		α-NA	倍数**	β-NA	倍数***
BR-S-10	76	2.6%	1.73	1.3%	1
泾阳鸡脚棉	65	1.5%	1	3.0%	2.31
BPA68	51	2.0%	1.33	15.7%	12.08
PRA51	90	4.4%	2.93	18.8%	14.46
中棉 12	100	45%	30.00	24%	18.46
无毒 151	77	28.6%	19.07	36.4%	28.00
方湄双无	88	28.3%	18.87	67.1%	51.62

* 活性单位 μmol/mg 蛋白质分钟， ** 以泾阳鸡脚棉为 1 作为标准； *** 以 BR-S-10 为 1 作标准。

它 5 个棉花品种的棉蚜比值为 1.18—1.93(表 4)。

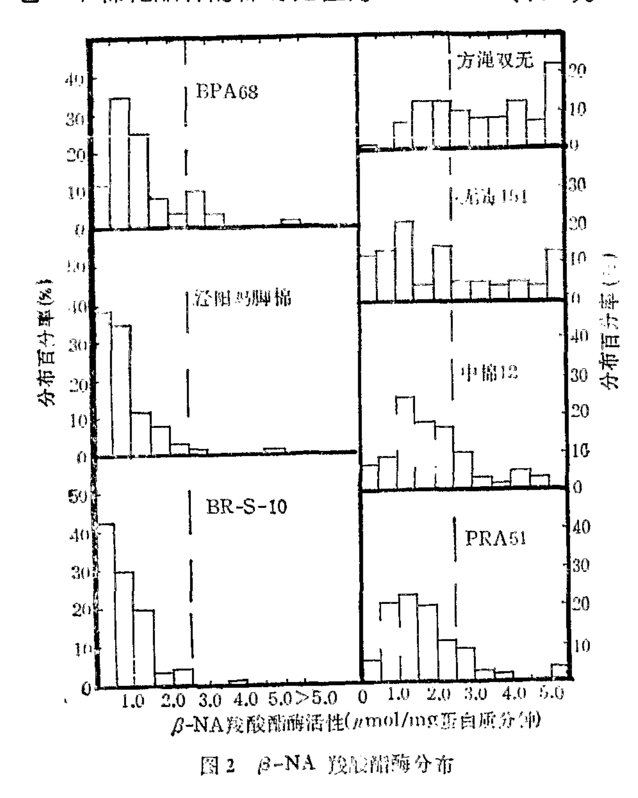


图 2 β-NA 羧酸酯酶分布

按照单个蚜虫体内羧酸酯酶对 α-NA 和 β-NA 的水解能力，将棉蚜种群的个体分成四种类型（即代表四种类型的羧酸酯酶），对 α-NA 和 β-NA 水解能力均低于种群中羧酸酯酶活性平均值的个体为 CE1 型；高于平均值的个体为 CE2 型；对 α-NA 水解能力高于平均值，对 β-NA 水解能力低于平均值的个体为 CE3 型；对 α-NA 的活性低于平均值，而对 β-NA 活性高于平均值的个体为 CE4 型。在试验的 7 个棉花品种中，取食中棉 12 的棉蚜与取食其它 6 个品种的棉蚜有明显的差异，前者 CE3 和 CE4 型分别占 31% 和 24%，后者 CE3 和 CE4 型分别占 0—7.6% 和 3.4—10.4%，而 CE1 和 CE2 型的比例高于取食中棉 12 的棉蚜。用中棉 12 饲养的棉蚜中，这 4 种类型的比例分别为 26、19、31 和 24%，相差不大。而取食其它棉花品种的棉蚜则以 CE1 和 CE2 型为主，分别占种群的 49.4—64.0% 和 23.4—47.2%（表 4），CE1 加 CE2 的比例，取食中棉 12 的棉蚜为 45%，其它为 84.4—96.6%。这可能与中棉 12 是多年的栽培品种有关。

讨 论

羧酸酯酶是昆虫体内对外源性物质的解毒酶系之一（张宗炳，1987），上述结果显示出寄主植物对棉蚜羧酸酯酶活性具有显著的影响。在虎凤蝶 *Papilio glaucus glaucus*（Lin-

表 4 不同棉蚜种群中 4 种类型羧酸酯酶的比例

棉花品种	活性比值* β-NA/α-NA	羧酸酯酶类型比例(%)**			
		CE1	CE2	CE3	CE4
中棉 12	0.79	26	19	31	24
无毒 151	1.18	57.1	33.8	5.2	3.9
BR-S-10	1.65	61.0	23.4	5.2	10.4
方沮双无	1.71	49.4	47.2	0	3.4
BPA68	1.74	64.0	32.0	0	4.0
PRA51	1.80	58.7	30.4	2.2	8.7
泾阳鸡脚棉	1.93	56.1	30.3	7.6	6.1

* 指棉蚜羧酸酯酶对 β-NA 和 α-NA 的平均活性比值。

droth, 1989b)、舞毒蛾 *Lymantria dispar* (Kapin 和 Ahmad, 1980)、月形天蚕蛾 *Actias luna* (Lindroth, 1989a) 以及其它蚜虫 (Mullin, 1986) 中都发现了寄主植物可以改变虫体中羧酸酯酶的活性。许多植物次生性物质能够诱导昆虫体内的解毒酶系 (Brattsten 等,1977; Yu, 1983)，这些酶系除了降解植物次生性代谢物质外，也与杀虫药剂的降解有关 (Brattsten 等, 1986)。植食性昆虫对植物次生性代谢物质的反应能力对其决定寄主谱起着重要作用 (Dowd 等, 1983)。

在试验的 7 个棉花品种中，取食中棉 12 (栽培品种)的棉蚜种群，其羧酸酯酶活性与取食其它 6 个棉花品种的棉蚜明显不同，最大相差近 6 倍，与寄主植物对虎凤蝶 α-NA 羧酸酯酶活性的影响是类似的 (Lindroth, 1989b)。取食中棉 12 的棉蚜，其 β-NA/α-NA 比值以及 CE3 或 CE4 型的比例与取食其它 6 个棉花品种的棉蚜明显不同，说明寄主植物除了可以改变羧酸酯酶的量以外，也可以改变羧酸酯酶的性质。寄主植物对解毒酶系统这种量和质的诱导变异可能与植物体内次生性代谢物质的种类以及虫体的营养状态有关 (Lindroth, 1989b; Riskallah 等,1986b)。

羧酸酯酶是棉蚜对拟除虫菊酯和某些有机磷杀虫剂产生抗性的机制之一(郑炳宗等, 1988、1989)，因此寄主植物对棉蚜羧酸酯酶的影响也会影响到棉蚜对杀虫剂的敏感性，这点在迁徙蚱蜢 *Melanoplus sanguinipes* 和美洲烟夜蛾 *Heliothis virescens* 与寄主植物相互关系的研究中已经得到了证明 (Abd-Elghafar 等,1989; Hinks 和 Spurr, 1989)。

参考文献

钦俊德 1987 昆虫与植物的关系——论昆虫与植物相互作用及其演化。科学出版社。
张宗炳 1987 杀虫药剂的分子毒理学。农业出版社。
郑炳宗等 1988 北京及河北北部地区瓜-棉蚜对拟除虫菊酯抗性初步研究。植物保护学报 15: 55—61。
郑炳宗等 1989 瓜-棉蚜对有机磷抗性机制研究。植物保护学报 16: 131—138。
Abd-Elghafar, S. F. et al. 1989 In vivo penetration and metabolison of methyl parathion in larvae of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (F.) fed different host plants. *Pestic. Biochem. Physiol.* 33: 49—56.
Brattsten, L. B. 1986 Insecticide resistance, challenge to pest management and basic research. *Science* 231: 1255—60.
Brattsten, L. B. et al. 1977 Herbivore-plant interactions: mixed-function oxidases and secondary plant substances. *Science* 196: 1349—52.
Dowd, P. F. et al. 1983 Influence of soybeen leaf extracts on ester cleavage in cabbage and soybeen loopers (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 700—3.

Hinks, C. F. & D. T. Spurr 1989 Effect of food plants on the susceptibility of the migratory grasshopper (Orthoptera: Acrididae) to deltamethrin and dimethoate. *J. Econ. Entomol.* **82**: 721—6.

Lindroth, R. L. 1989a Host plant alteration of detoxication activity in *Papilio glaucus glaucus. Entomol. Exp. appl.* **50**: 29—35.

Lindroth, R. L. 1989b Chemical ecology of the luna moth: effects of host plant on detoxification enzyme activity. *J. Chem. Ecol.* **15**: 2019—29.

Mullin, C. A. 1986 Molecular Aspects of Insect-Plant Associations. Plenum Press, New York, p 346.

Riskallah, M. R. et al. 1986a Host plant induction of microsomal monooxygenase activity in relation to diazinon metabolism and toxicity in larvae of the tobacco budworm *Heliothis virescens* (F.). *Pestic. Biochem. Physiol.* **25**: 233—47.

Riskallah, M. R. et al. 1986b Nutritional effects on the induction of cytochrome P-450 and glutathione transferase in larvae of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (F.) *Insect Biochem.* **16**: 491—9.

Yu, S. J. 1983 Age variation in insecticide susceptibility and detoxification capacity of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* **76**: 219—22.

EFFECTS OF HOST PLANT ON CARBOXYLESTERASE ACTIVITY IN COTTON APHID *APHIS GOSSYPII* GLOV.

Gao Xi-wu

(Department of Plant Protedtion, Beijing Agricultural Uiversity, Beijing 100094)

Experiments have shown that carboxylesterase activity of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glov., varied with the varieties of its host plant. In the 7 cotton varieties tested, the esterase activity of aphids feeding on Chinese cotton 12 was the highest, as revealed in the hydrolysis tests with α-naphthyl acetate (α-NA) by individual aphid homogenate according to the method of Zheng (1989). It was approximately 6 times that of the aphids feeding on Jingyang Chicken Feet cotton. The esterase activity of the aphids feeding on Fangying Shuangwu cotton was the highest as shown in the hydrolysis tests with β-NA, about 5 times that of the aphids feeding on BR-S-10 cotton. In the aphids feeding on Fangying Shuangwu cotton, the proportion of individuals whose esterase activity exceeded 2.5μm/mg protein-minute was 28.3% with α-NA and 67.1% with β-NA, but in the aphids feeding on BR-S-10 cotton, only 2.6% with α-NA and 1.3% with β-NA. The ratio of esterase activities with α-NA and β-NA in the aphids feeding on Chinese cotton 12 was 0.79, but the ratios in the aphids feeding on other 6 cotton varieties were over 1.0. The percentage of individuals whose α-NA and β-NA esterase activities were all less than the average of esterase activity was 26% in the aphids feeding on Chinese cotton 12, but 49—64% in the aphids feeding on other cotton varieties. The percentage of individuals whose α-NA and β-NA esterase activities were above the average was 19% in the aphids feeding on Chinese cotton 12 and 23—47% in the other groups. The proportions of individuals whose α-NA esterase activity was over the average, but β-NA esterase activity below the average, and whose α-NA esterase activity below the average but β-NA esterase over the average were 31% and 24% in aphids feeding on Chinese cotton 12, but only 0—76% and 3.4—10.4% in the aphids feeding on other cotton varieties, respectively. All these data suggest that host plant varieties affected the carboxylesterase activity in cotton aphids.

Key words *Aphis gossypii*——host plant variety——carboxylesterase